Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 1, Apr. May. 2020, p. 1- 15

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 1، فروردین -اردیبهشت 1399 ص.15-1

اثر جایگزینی روغن با پنیر توفو و صمغ فارسی بر خصوصیات بافتی، رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی سس مایونز

مریم محمدخانی[1]- محمد فاضل[2*]

تاریخ دریافت: 1397/12/01
تاریخ پذیرش: 1398/02/25

چکیده

افزایش تمایل جامعه به مصرف مواد غذایی سالم و کم‌کالری، منجر به تولید محصولات غذایی کم‌چرب و سالم شده است. در این تحقیق اثر جایگزینی روغن با پنیر توفو و صمغ فارسی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافت، اندازه ذرات، رئولوژیکی و حسی مورد بررسی قرار گرفت. توفو، در سه غلظت 20، 35 و 50 درصد، جایگزین روغن و صمغ فارسی، در سه غلظت 2/5، 3، 3/5 درصد، به سس اضافه شد. نمونه، با چربی60 درصد و صمغ گزانتان (1/5 درصد) نیز به‌عنوان شاهد بود. با افزایش توفو، pH و اسیدیته، افزایش و با افزایش صمغ، اسیدیته، کاهش یافت. با افزایش توفو، ویژگی‌های بافتی (سفتی، چسبندگی، نیروی چسبندگی، کار لازم برای فشردن، مدول ظاهری)، کاهش یافت و افزایش صمغ، ویژگی‌های بافتی را افزایش داد. افزایش توفو، باعث کاهش میانگین اندازه ذرات شد. با افزایش صمغ، تا 3 درصد، میانگین اندازه ذرات کاهش و با افزایش بیشتر صمغ، میانگین اندازه ذرات افزایش پیدا کرد. رفتار رئولوژیکی تمام نمونه‌ها در سرعت برشی 0/01 تا 1000 (بر ثانیه) نشان داد که، ویسکوزیته، با افزایش توفو، کاهش و با افزایش صمغ، افزایش پیدا کرد. در همه نمونه‌ها، با افزایش سرعت برشی، ویسکوزیته کاهش پیدا کرد و نمونه‌ها، رفتار سودوپلاستیک داشتند و پارامترهای قانون توان نیز، آن را به‌خوبی نشان داد. نمونه سس مایونز، با 20 درصد پنیر توفو و 3/5 درصد صمغ فارسی، به‌عنوان نمونه برتر شناخته شد که خواص آن به سس مایونز پرچرب، نزدیک بود و می‌توان آن را تحت عنوان مایونز با چربی کاهش یافته معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: سس مایونز کم‌چرب، پنیر توفو، صمغ فارسی، مدول الاستیک، مدول ویسکوز.

مقدمه

سس مایونز یک امولسیون روغن در آب است که شامل 70 تا 80 درصد چربی بوده و با مخلوط کردن تخم‌مرغ، سرکه، روغن و ادویه‌ها، به‌ویژه خردل تهیه می‌شود. چنانچه میزان چربی در سس مایونز حدقل 25 درصد (از 66 درصد چربی) کاهش یابد، تحت عنوان سس مایونز با چربی کاهش‌یافته و اگر 50 درصد چربی کاهش یابد، سس مایونز کم‌چرب محسوب می‌شود (استاندارد ملی ایران، شماره 2454). تاکنون از چندین مواد جایگزین‌کننده چربی مانند نشاسته اصلاح شده، اینولین، پکتین، سلولز، کاراگینان، زانتان، گوار و پروتئین‌ها جهت پایداری امولسیون و افزایش گرانروی سس مایونز استفاده شده است (میرغفوری و رحیمی، 1395). اکثر هیدروکلوئیدها علاوه بر خاصیت امولسیفایری می‌توانند به‌عنوان پایدارکننده و قوام‌دهنده نیز عمل کنند. به عبارت دیگر، این مواد با افزایش گرانروی و قوام فاز پیوسته، قادرند از شکستن امولسیون جلوگیری نمایند (میرغفوری و رحیمی، 1395).

صمغ فارسی، پلی‌ساکارید محلول در آب، با قدرت بالای جذب آب می‌باشد (عباسی و رحیمی، 1387). سویا بر حسب ماده خشک حاوی حدود 35- 40 درصد پروتئین می‌باشد از این‌رو یک منبع عمده و ارزان قیمت پروتئین برای مصرف انسان است. از دانه سویا در تولید بسیاری از محصولات غذایی استفاده می‌شود، که توفو با ارزش‌ترین و مهم‌ترین آنها می‌باشد. توفو یک نوع غذای پر پروتئین جامد است که از لوبیای سویا به‌دست می‌آید و شبیه پنیر نرم است (Derbyshire *et al.*, 1976). در پژوهشی که میرغفوری و رحیمی (1395) انجام دادند از ژل آلوئه‌ورا به‌عنوان جایگزین روغن و از شیر سویا به‌عنوان جایگزین تخم‌مرغ در تهیه سس مایونز با چربی کاهش یافته استفاده شد. افزایش میزان ژل آلوئه‌ورا بر اسیدیته و رطوبت نمونه‌ها اثر معنی‌داری داشته، در حالی که افزودن شیر سویا، تنها بر مقدار رطوبت مؤثر بود. با افزایش سرعت چرخشی و محتوای ژل آلوئه‌ورا، رفتار سس مایونز از رقیق‌شونده با برش به نیوتنی تغییر یافت. افزودن شیر سویا نیز سبب کاهش گرانروی در کلیه نمونه‌ها شد. ژل آلوئه‌ورا، کلیه ویژگی‌های حسی را نیز به‌طورمعنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. در پژوهشی که برزگری و همکاران (1392) انجام دادند از صمغ فارسی به همراه کربوکسی متیل سلولز استفاده شد. در ویژگی‌های بافتی،

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان).
(* - نویسنده مسئول: Email: mfazeln@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i1.75184

بالاترین میزان سختی، انسجام و چسبندگی مربوط به نمونه حاوی 75 درصد صمغ فارسی- 25 درصد کربوکسی‌متیل سلولز بوده‌است. آزمون‌های رئولوژی نیز نشان‌دهنده رفتار سودوپلاستیک تمام نمونه‌ها در سرعت برشی 1- 450 بر ثانیه و رفتار ژل مانند ضعیف در محدوده فرکانس 10- 0/1 هرتز بوده است. در این تحقیق اثرات جایگزینی 20، 35 و50 درصد پنیر توفو جایگزین روغن و همچنین 2/5، 3 و 3/5 درصد صمغ، بر برخی ویژگی‌های کاربردی سس مایونز با هدف کاهش میزان چربی در فرمولاسیون بررسی شدند.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در فرمولاسیون سس مایونز دراین تحقیق: روغن (10، 25 و 40درصد) از شرکت روغن نباتی ناز، صمغ فارسی (2/5، 3 و 3/5 درصد) از عطاری فروش گیاهان دارویی در استان اصفهان، سرکه (7 درصد) (ژی‌تاک، ایران)، شکر (4/5 درصد) (قند اصفهان، ایران)، خردل (0/7 درصد) (COR، کانادا)، پودر سیر (0/1 درصد) (وند آپادانا، ایران)، نشاسته جایگزین تخم‌مرغ (0/8 درصد) (KMC، دانمارک)، پودر زرده تخم‌مرغ (0/5 درصد) (Pulviver، چین)، بنزوات سدیم (0/05 درصد) (وند آپادانا، ایران)، سوربات سدیم (0/05 درصد) (وند آپادانا، ایران)، پنیر توفو (20، 35، 50 درصد) (فراورده‌های لبنی مطبق گنبد،ا دنیا، ایران) (به عنوان جایگزین روغن) و آب بود. در این تحقیق مجموع روغن و پنیر توفو 60 در نظر گرفته شد. مقدار روغن نمونه شاهد نیز 60 درصد و صمغ مورد استفاده، گزانتان (KMC، دانمارک) بود.

تهیه سس مایونز

سویا پنیر در اثر منعقد شدن پروتئین سویا شیر، توسط یک عامل منعقدکننده تولید می‌شود. ویژگی‌های شیمیایی پنیر توفوی استفاده شده بدین شرح است: رطوبت 68/6 درصد، چربی 5 درصد و پروتئین 13/8 درصد.

ابتدا پنیر توفو را که به‌خوبی مخلوط، یکنواخت و وزن شد، سپس به داخل مخلوط‌کن منتقل شد. شکر، خردل، پودر سیر، پودر زرده تخم‌مرغ، بنزوات سدیم، سوربات پتاسیم و آب را به آن اضافه و خوب مخلوط کرده و بعد صمغ فارسی را داخل یک چهارم روغن حل کرده و به مواد اضافه شد و به مدت 1 دقیقه با دستگاه هموژنایزر (IKA، Ultra-Turrax-T25 digital، آلمان) هم‌زده شد بعد بقیه روغن را اضافه و به مدت 1 دقیقه با همان شرایط هم‌زده شد و در آخر سرکه را اضافه و به مدت 2 دقیقه با دستگاه هموژنایزر هم‌زده شد. در نهایت، مایونز تولیدی در ظرف‌های مورد نظر ریخته و تا زمان انجام آزمون در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

pH

مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2454 انجام شد.

اسیدیته

مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2454، انجام شد و طبق رابطه ذیل محاسبه گردید که در آن V و W به‌ترتیب حجم سود مصرفی (میلی‌لیتر) و وزن نمونه (گرم) هستند.

(1) اسیدیته (%اسید استیک) =(V × 0/006 × 100) /W

درصد چربی

مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2454، به روش سوکسله و توسط هگزان روغن نمونه استخراج شد.

پایداری فیزیکی امولسیون سس مایونز

جهت انجام آزمون پایداری فیزیکی امولسیون، در ابتدا حجم مشخصی از نمونه‌های سس مایونز به مدت 30 دقیقه در 5000 دور در دقیقه، سانتریفوژ (BHQ، 502، آلمان) شدند و با توجه به حجم امولسیون باقیمانده و استفاده از رابطه ذیل محاسبه گردید (Sciarini *et al.*, 2009).

(2) پایداری فیزیکی امولسیون =(حجم امولسیون باقی‌مانده/ کل حجم) ×100

پایداری حرارتی امولسیون سس مایونز

برای تعیین ثبات سس مایونز در برابر حرارت، ابتدا نمونه‌ها به مدت 30 دقیقه در حمام آب با دمای 80 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس به مدت 30 دقیقه در 5000 دور در دقیقه، سانتریفوژ شدند. ثبات سس مایونز در برابر حرارت با استفاده از رابطه ذیل تعیین شد (Sciarini *et al*., 2009).

(3) پایداری حرارتی امولسیون =(حجم امولسیون اولیه/ حجم امولسیون نهایی) ×100

ویژگی‌های بافتی سس مایونز

ویژگی‌های بافتی سس مایونز با انجام تست بک اکستروژن با دستگاه ارزیابی بافت (LFRA، 4500) انجام شد و پارامترهای سفتی، چسبندگی، مدول ظاهری، نیروی مورد نیاز برای فشردن محاسبه گردید. پروب با قطر 50 میلی‌متر، میزان نفوذ پروب 20 میلی‌متر و سرعت نفوذ 1 میلی‌متر بر ثانیه به‌کار گرفته شد. استوانه شیشه‌ای با قطر داخلی 56 میلی‌متر و ارتفاع 95 میلی‌متر برای این تست انتخاب شد که حدود 200 گرم نمونه جهت انجام تست، توزین و در استوانه

ریخته شد. تمامی نمونه‌ها قبل از انجام آزمون در دمای 5 درجه سانتی‌گراد (دمای یخچال) قرار داده شدند. اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار و 24 ساعت بعد از تولید نمونه‌ها صورت گرفت (قنبرزاده، 1388).

جدول 1- درصدهای روغن، توفو و صمغ فارسی در تیمارها و نمونه شاهد

تیمار	روغن (٪)	توفو (٪)	صمغ فارسی (٪)
شاهد (B)	60	0	0
20-2/5	40	20	2/5
35-2/5	25	35	2/5
50-2/5	10	50	2/5
20-3	40	20	3
35-3	25	35	3
50-3	10	50	3
20-3/5	40	20	3/5
35-3/5	25	35	3/5
50-3/5	10	50	3/5

میانگین و توزیع اندازه ذرات روغن نمونه‌های سس مایونز

میانگین و توزیع اندازه ذرات نمونه‌های سس مایونز با استفاده از دستگاه پراکندگی نور دینامیکی (DLS) برای مطالعه اندازه ذرات نانو مجهز به پرتو لیزر (657 نانومتر) انجام گردید. این آزمون در دمای اتاق (25 درجه سانتی‌گراد) انجام شد. به‌منظور جلوگیری از توده‌ای شدن ذرات، نمونه‌ها قبل از تزریق به دستگاه به میزان 100: 1 با آب مقطر رقیق و بعد از همگن شدن به دستگاه تزریق شدند. شاخص‌هایی مثل میانگین اندازه ذرات، مد و D_{50} ذرات امولسیون روغن اندازه‌گیری شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در یک تکرار و 24 ساعت بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها انجام گرفت (Moelants *e al.*, 2013).

رفتار رئولوژیکی نمونه‌های سس مایونز

بررسی رفتار رئولوژیکی سس‌های مایونز توسط دستگاه رئومتر (Rheoplus MCR 301) انجام گرفت. تمامی آزمون‌ها در دمای 25 درجه سانتی‌گراد و بعد از همگن کردن نمونه انجام شد (امیدبخش و همکاران، 1392).

آزمون رفتار جریان

نوع پروب دستگاه رئومتر مورد استفاده (PP50-SN51882) با قطر 1 میلی‌متر بود و تحت سرعت برشی 0/01 تا 1000 (بر ثانیه) و حدود استرین (گشتاوری) از 0/01 تا 100 درصد انجام شد. رفتار جریانی (تنش برشی/ سرعت برشی) در معادله قانون توان بیان میگردد:

$$\tau = K\gamma^{n} \qquad (4)$$

τ تنش برشی (pa)، γ سرعت برشی (s^{-1})، K ضریب قوام ($pa.s^n$)، n ضریب رفتار جریان (بدون بعد) هستند (امیدبخش و همکاران، 1392).

روبش کرنش

این آزمون کاربردهای زیادی در اندازه‌گیری خواص ویسکوالاستیک مواد غذایی دارد. آزمون‌های ویسکوالاستیک زمانی قابل تفسیر است که در محدوده ویسکوالاستیک خطی انجام شوند. پس تعیین مقدار کرنش یا تنشی که کمتر از آن، رفتار ماده خطی است مهم خواهد بود (امیدبخش و همکاران، 1392).

روبش فرکانس

مقادیر مدول‌های ذخیره الاستیک (G’) و مدول افت (G”) با استفاده از قانون توان به ترتیب با معادلات زیر بیان می‌گردد:

$$G' = k'.\omega^{n'} \qquad (5)$$

$$G'' = k''.\omega^{n''} \qquad (6)$$

G’ مدول ذخیره (پاسکال) ، G” مدول افت (پاسکال)، ω فرکانس زاویه‌ای (راد بر ثانیه)، k'، k"، n' وn" ضرایب ثابتی که با استفاده از داده‌های تجربی تعیین می‌شوند (امیدبخش و همکاران، 1392).

ارزیابی حسی نمونه‌های سس مایونز

این آزمون به روش هدونیک و اندازه‌گیری فاکتورهایی مثل ظاهر، رنگ، بو، طعم و مزه، بافت و پذیرش کلی انجام شد. آزمون در مقیاس امتیازدهی 1 تا 5 (عدد کوچکتر نشان‌دهنده نامطلوب بودن و

عدد بزرگتر نشان‌دهنده مطلوب بودن محصول است) و توسط 20 نفر ارزیاب آموزش دیده انجام شد (مصباحی و همکاران، 1388).

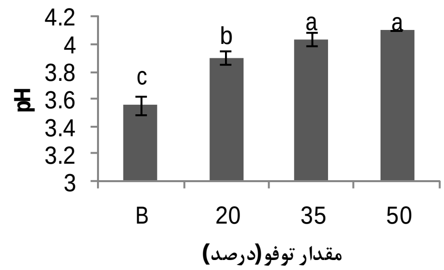
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمون‌های pH، اسیدیته، چربی، بافت‌سنجی و حسی توسط نرم‌افزار آماری SPSS و آزمون مقایسه میانگین با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال 5 درصد انجام گرفت. از طرح کاملا تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل برای تجزیه داده‌ها در سه تکرار استفاده شد.

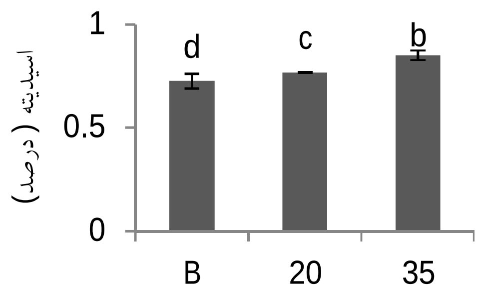
نتایج و بحث

pH و اسیدیته

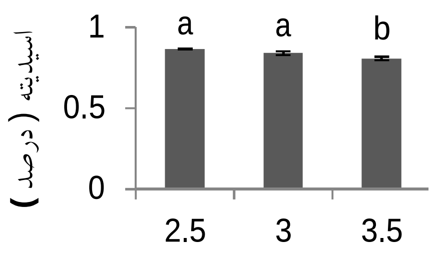
نتایج حاصل نشان داد اثر اصلی توفو بر pH معنی‌دار بود ($p<0/05$) و با افزایش مقدار توفو، pH افزایش یافت (شکل 1). اثر اصلی صمغ و اثر متقابل صمغ و توفو معنی‌دار نبود ($p>0/05$). اثر اصلی توفو و صمغ و اثر متقابل صمغ و توفو بر اسیدیته معنی‌دار بود ($p<0/05$). با افزایش مقدار توفو اسیدیته افزایش (شکل 2) و با افزایش مقدار صمغ کاهش یافت (شکل 3).



شکل 1- اثر توفو در pH سس مایونز



شکل 2- اثر توفو در اسیدیته سس مایونز



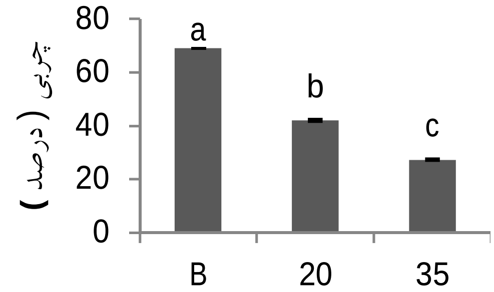
شکل 3- اثر صمغ در اسیدیته سس مایونز

با افزایش پنیر توفو غلظت یون هیدروژن، به علت اثر pH پنیر توفو (pH= 7) یا افزایش فاز آبی، کاهش می‌یابد. پنیر توفو حاوی اسید است اما این مقدار اسید بسیار اندک بوده و چون pH آن بالاست و مقدار سرکه اضافه شده ثابت بود. بنابراین میانگین pH سس مایونز افزایش پیدا کرد (اصلان‌زاده و همکاران، 1391). صمغ فارسی ماهیت خنثی دارد پس بر pH بی‌تاثیر است (معینی فیض‌آبادی و همکاران، 1391). pH تمام نمونه‌ها در محدوده مناسب استاندارد ملی ایران، شماره 2454 قرارداشت. افزایش درصد صمغ تاثیری در اسیدیته

نداشت. با افزایش توفو اسیدیته مقداری افزایش یافت زیرا توفو به خاطر دارا بودن مقادیر بالای پروتئین و اسیدآمینه‌ی زیاد حالت بافری دارد (Min *et al*., 2005).

چربی

نتایج نشان داد اثر اصلی توفو معنی‌دار ($p<0/05$) و با افزایش مقدار توفو درصد چربی کاهش (شکل 4) یافت زیرا طبق آنالیز پنیر توفو درصد چربی پنیر توفو کم و درصد پروتئین آن زیاد است. اثر اصلی صمغ و اثر متقابل صمغ و توفو معنی‌دار نبود ($p>0/05$) زیرا ساختمان صمغ فارسی از ساکاریدها تشکیل شده است (رحیمی و عباسی، 1392). چربی تمام نمونه‌ها در محدوده مناسب استاندارد ملی ایران (شماره 2454) قرارداشت.



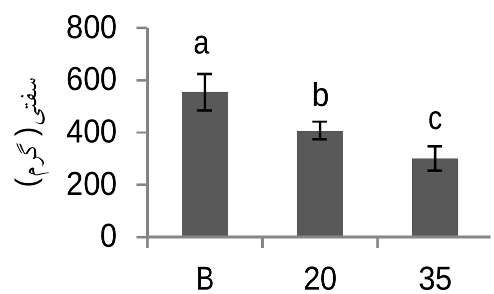
شکل 4- اثر توفو در چربی سس مایونز

پایداری فیزیکی و حرارتی امولسیون سس مایونز

هیچگونه دو فاز شدن در نمونه‌ها مشاهده نشد که به دلیل ساختار قوی امولسیون است (نیک‌نیا و همکاران، 1390). در محصولات کم‌چرب، افزودن یک عامل غلیظ‌کننده باعث کاهش حرکت قطرات امولسیون شده و از پدیده خامه‌ای شدن جلوگیری می‌کند (میرغفوری و رحیمی، 1395). با افزایش مقدار صمغ و خاصیت جذب آب، ساختار ژل مانند ایجاد می‌شود که باعث پایداری و جلوگیری از سینرسیس می‌شود. پروتئین موجود در سویا می‌تواند به‌عنوان یک امولسیفایر در ترکیب فراورده‌های سالاد به‌کار رود. در سس مایونز، واکنش پروتئین- صمغ نقش مهم در پایداری امولسیون دارد (میرغفوری و رحیمی، 1395). افزایش دما منجر به شکستن ساختاری مولکول‌ها و افزایش آزادی و تحرک مولکول‌ها و جاری شدن آن‌ها و در نتیجه کاهش ویسکوزیته می‌گردد. همچنین افزایش دما با تسریع هیدرولیز اسیدی پلی ساکاریدها موجب کاهش ویسکوزیته می‌شود (Ven *et al*., 2007).

ویژگی‌های بافتی سس مایونز

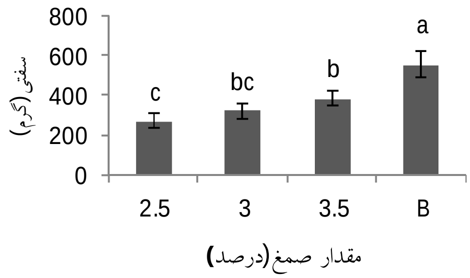
نتایج نشان داد اثر اصلی توفو و صمغ بر ویژگی‌های بافتی معنی‌دار ($p<0/05$) و اثر متقابل صمغ و توفو معنی‌دار نبود ($p>0/05$). افزایش توفو تا 35 درصد سبب کاهش ویژگی‌های بافتی (سفتی، چسبندگی، نیروی چسبندگی، کار لازم برای فشردن، مدول ظاهری) شد اما افزایش بیشتر تاثیری نداشت (شکل 5).



شکل 5- اثر تو فو در سفتی سس مایونز

با افزایش درصد صمغ ویژگی‌های بافتی افزایش یافت (شکل 6). ویسکوزیته یک امولسیون بر ویژگی‌های بافتی اثر می‌گذارد (Liu *et al*., 2007). با افزایش پنیر توفو فاز آبی افزایش و ویژگی‌های بافتی کاهش می‌یابد (رنگ‌ریز و همکاران، 1392). افزودن صمغ به

نمونه مایونز سبب تشکیل ساختار ژل‌مانند قوی در فاز پیوسته، القاء ساختار سخت‌تر و پیچیده‌تر، تأثیر در تشکیل قطرات روغن با قطر کوچک‌تر در امولسیون و کاهش الاستیسیته، نسبت به نمونه فاقد صمغ می‌شود (Raymundoa *et al*., 2002).

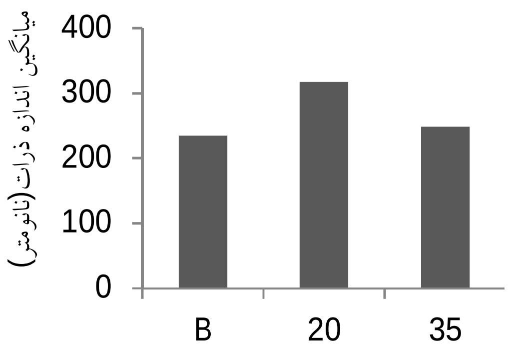


شکل 6- اثر صمغ در سفتی سس مایونز

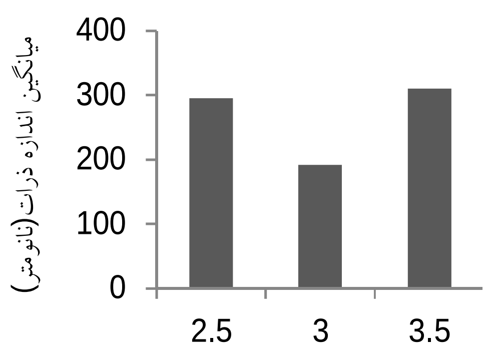
میانگین و توزیع اندازه ذرات روغن نمونه‌های سس مایونز

نتایج نشان داد میانگین اندازه ذرات، D_{50} و مد با افزایش مقدار توفو کاهش و با افزودن صمغ تا 3 درصد کاهش و سپس افزایش یافت (شکل 7و 8). با افزایش مقدار چربی اندازه ذرات افزایش پیدا می‌کند (Wendin *et al*., 1997). به‌طور کلی ترکیبات امولسیفایری با وزن مولکولی کمتر، ذرات روغن با اندازه کوچکتر را در امولسیون ایجاد می‌کنند (رحمتی و همکاران، 1392). مقدار مورد نیاز امولسیفایر با کاهش اندازه ذرات امولسیون شده سریعا افزایش میابد (فاطمی، 1395). پس با افزایش درصد توفو، درصد چربی کاهش پیدا کرده و ویژگی اندازه ذرات نیزکاهش یافت (Wendin *et al*., 1997).

در ساختار صمغ فارسی شاخه‌های نامحلول وجود دارد و حلالیت این شاخه‌ها پایین است بنابراین ذرات بزرگتر در امولسیون مشاهده شد و درصد پایین صمغ به امولسیفایر کمک کرده و منجر به کوچک شدن قطر ذرات می‌شود و با افزایش درصد صمغ ویسکوزیته افزایش یافته و از کوچک شدن ذرات جلوگیری می‌کند (یوسفی و همکاران، 1390).



شکل 7- اثر توفو در میانگین اندازه ذرات در مایونز

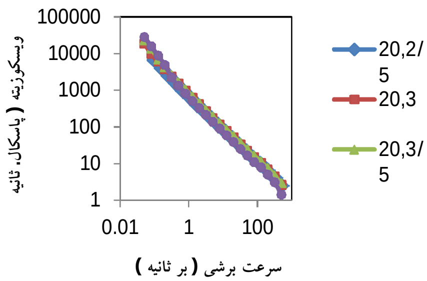


شکل 8- اثر صمغ در میانگین اندازه ذرات در مایونز

رفتار رئولوژیکی نمونه‌های سس مایونز

آزمون رفتار جریانی

با افزایش مقدار توفو در یک سرعت برشی ثابت ویسکوزیته کاهش یافت علت آن رطوبت بالای پنیر می‌تواند باشد که رفتار سس مایونز را به رفتار غیرنیوتونی نزدیک می‌کند (رحمتی و همکاران، 1392). همچنین با افزایش پنیر توفو مقدار روغن جهت تشکیل امولسیون پایدار کاهش‌یافته و متعاقب آن ویسکوزیته کاهش می‌یابد (نیک‌زاده و همکاران، 2012). با افزایش مقدار صمغ در یک سرعت برشی ثابت، مقدار ویسکوزیته افزایش پیدا کرد که علت آن تشکیل شبکه و ساختار قوی‌تر در حضور غلظت بالاتر صمغ است (عالم‌زاده و همکاران، 1389). با توجه به شکل 9 ویسکوزیته نمونه 3- 20 به ویسکوزیته شاهد نزدیک‌تر بود. جهت مقایسه بهتر ویسکوزیته تمامی نمونه‌ها، در جدول 2 ویسکوزیته آنها در سرعت‌های برشی 0/1، 1، 10، 100 بر ثانیه گزارش شد.



شکل 9- تغییرات ویسکوزیته– فرکانس نمونه‌های سس مایونز حاوی 2/5، 3 و 3/5 درصد صمغ و 20 درصد توفو و مقایسه آن با نمونه شاهد

جدول 2- ویسکوزیته (پاسکال ثانیه) سس‌های مایونز تولیدی در چندین سرعت برشی متفاوت

نام تیمار	سرعت برشی (S^{-1}) 100	10	1	0/1
2/5-50	3/03	20/9	164	2130
3-50	5/2	36/8	291	3730
3/5-50	7/3	53/1	428	6650
2/5-35	5/2	39/2	337	4120
3-35	6/41	49/2	422	5710
3/5-35	9/76	70/4	558	5880
2/5-20	9/77	75/4	633	6600
3-20	10/4	77/6	629	6040
3/5-20	11/3	84/7	677	6870
B	7/94	58/9	504	8870

نتایج نشان داد که در تمامی نمونه‌ها با افزایش فرکانس، ویسکوزیته کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند ناشی از باز شدن پیوندها و جهت یافتگی واحدهای ساختاری باشد (عالم‌زاده و همکاران، 1389).

مقایسه ویسکوزیته در یک فرکانس خاص نشان داد که به‌طور کلی اضافه کردن صمغ باعث افزایش ویسکوزیته نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد شد. مقایسه نمونه‌های دارای درصدهای متفاوت توفو هم افزایش ویسکوزیته با کاهش مقدار توفو را در یک فرکانس مشخص نشان داد که علت آن رطوبت بالای پنیر می‌تواند باشد که رفتار سس مایونز را به رفتار غیرنیوتونی نزدیک می‌کند (رحمتی و همکاران، 1392). با افزایش توفو روغن جهت تشکیل امولسیون پایدار کاهش‌یافته و متعاقب آن ویسکوزیته کاهش می‌یابد (نیک‌زاده و همکاران، 2012). مقادیر پارامترهای رئولوژیکی سس‌های مایونز تولیدی مطابق قانون توان در جدول 3 نشان داده شده است. میزان

ضریب قوام در تمامی نمونه‌ها با اضافه کردن صمغ افزایش یافت که دلیل آن بالا رفتن تعداد مولکول‌های با وزن مولکولی بالا در فاز مایع می‌باشد که سبب افزایش مقاومت در برابر جریان و افزایش ضریب قوام می‌شود (معینی فیض‌آبادی و همکاران، 1391). میزان ضریب قوام در تمامی نمونه‌ها با کاهش توفو افزایش یافت. در خصوص ضریب رفتار جریان روند مشخصی مشاهده نشد. بنابراین چون ضریب رفتار جریان کمتر از 1 است نمونه‌ها غیرنیوتونی یا سودوپلاستیک هستند.

جدول 3- مقادیر پارامترهای رئولوژیکی سس‌های مایونز تولیدی با قانون توان

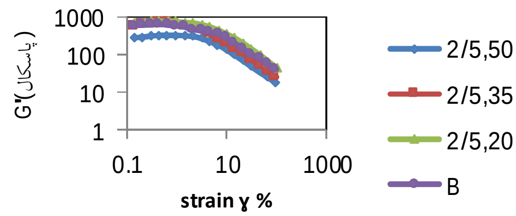
نام تیمار	K (pa.s)	n	R^2
50-2/5	261	0/964	0/9899
50-3	457	0/959	0/9927
50-3/5	706	0/981	0/9931
35-2/5	479	0/961	0/9982
35-3	632	0/98	0/9975
35-3/5	790	0/929	0/9979
20-2/5	708	0/906	0/9994
20-3	854	0/931	0/9987
20-3/5	965	0/94	0/9975
B	849	1/016	0/9938

روبش کرنش

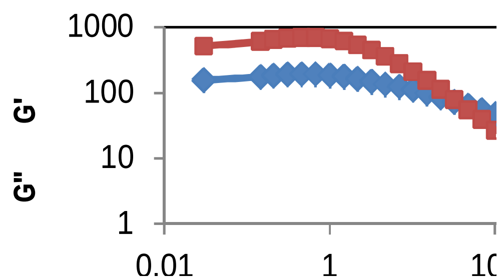
این آزمون در محدوده کرنش 1000- 0/1 درصد و فرکانس ثابت 1 هرتز انجام شد. در جدول 4 محدوده ویسکوالاستیک خطی و تنش برشی متناظر با آخرین سرعت برشی در محدوده خطی گزارش شده است. در شکل 11 با اضافه کردن صمغ و افزایش غلظت آن، مقدار عددی نقطه تلاقی مدول الاستیک و ویسکوز افزایش و با افزایش درصد توفو نقطه تلاقی کاهش پیدا کرد. افزایش غلظت صمغ اصولا موجب سخت شدن ساختار می‌شود که ناشی از افزایش قدرت‌های موجود بین واحدهای ساختار می‌باشد (عالم‌زاده و همکاران، 1389).

جدول 4- محدوده ویسکوالاستیک خطی و تنش برش متناظر نمونه‌های مایونز

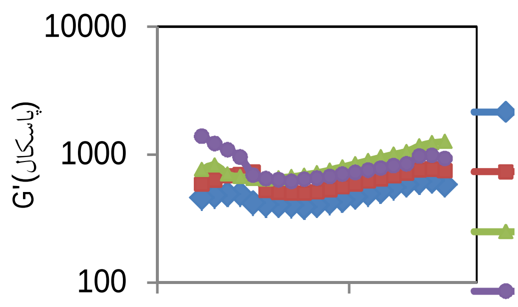
تیمار	محدوده ویسکوالاستیک خطی		نقطه تلاقی مدول الاستیک ویسکوز	
	کرنش(٪)	تنش برشی متناظر (Pa)	G’=G” (Pa)	کرنش متناظر (٪)
50-2/5	1/1	5/13	60	23/1
50-3	1	5/59	70	31
50-3/5	0/7	6/18	110	31
35-2/5	0/7	4/87	70	31
35-3	0/7	4/57	61	31
35-3/5	1	7/76	91	31
20-2/5	1/2	15/9	120	31
20-3	1	11/3	110	31
20-3/5	1/2	10/7	120	31
B	0/7	26/3	110	22



شکل **10**- نمودار نوسانی بر حسب G’ به کرنش برای نمونه‌های مایونز با درصد صمغ **2/5** و در درصد توفوهای **50**، **35**، **20** و شاهد (G': مدول الاستیک)



شکل **11**- نمودار نوسانی بر حسب G’ و G” به کرنش برای نمونه مایونز دارای **2/5** درصد صمغ و **35** درصد توفو به منظور تعیین تلاقی مدول الاستیک و ویسکوز و کرنش معادل (G’: مدول الاستیک، G”: مدول ویسکوز)



شکل **12**- نمودار نوسانی نمونه‌های مایونز تولیدی با درصد توفو **35** و درصد صمغ **2/5** و **3** و **3/5** و نمونه شاهد (G’)

روبش فرکانس

آزمون روبش فرکانس در محدوده فرکانس 500 -0/5 هرتز و با اعمال کرنش 1 درصد در محدوده خطی ویسکوالاستیک انجام شد. نمونه‌ای از نمودار نوسانی سس‌های مایونز تولیدی در شکل 12 نشان داده شده است. نسبت G به G’ تانژانت افت نامیده می‌شود:

$$\tan \delta = G''/G' \qquad (7)$$

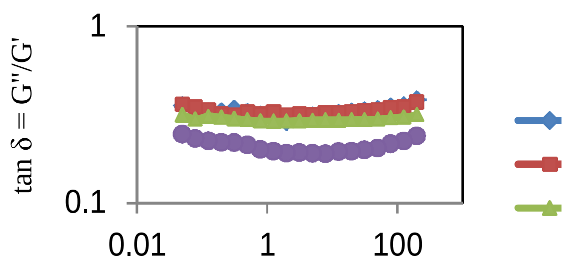
نمونه‌ای از تانژانت افت در شکل 13 رسم شده است.

مدول کمپلکس (G*)، سفتی کلی است که برای محاسبه آن از این پارامتر استفاده می‌شود:

$$G^* = \sqrt{G'^2 + G''^2} \qquad (8)$$

مقادیر مدول الاستیک، ویسکوز و کمپلکس، در دو فرکانس 1/26 و 12/6 هرتز محاسبه شده است (جدول 5). Mancini و همکاران (2002) اعلام کردند نمونه‌های مایونز در محدوده فرکانس 0/1 تا 10 Hz ویژگی ژل‌های ضعیف را از خود نشان می‌دهند. Barbosa-canovas و همکاران (1995) گزارش کردند که در امولسیون‌هایی با مقادیر بالای روغن مقدار G’ بالاتر است و در

این حالت میزان انرژی قابل بازیافت نمونه بیشتر می‌شود. در این پژوهش علی‌رغم کاهش مقادیر بالای روغن در مقایسه با مایونز پرچرب مقدار G’ بیشتر از G” بود که بیانگر مناسب بودن پنیر توفو به‌عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون سس مایونز می‌باشد (رنگ‌ریز و همکاران، 1393). تانژانت افت نیز بررسی شد. زمانی که تانژانت افت بزرگتر از 1 باشد ماده ویسکوز مایع است و در صورتی که کمتر از 1 باشد ماده ویسکوالاستیک جامد (شبیه ژل) است هرچقدر ماده رفتار شبه مایع بیشتری نسبت به رفتار جامد داشته باشد، تانژانت افت بالاتری را نشان می‌دهد. مقادیر تانژانت افت برای مایعات رقیق عددی بسیار بالا و برای جامدات آمورف در حدود 0/3- 0/2 و پلیمرهای بلوری و ژل‌ها نزدیک به 0/01 است (قنبرزاده، 1388). تمام نمونه‌ها تانژانت افت کمتر از 1 داشتند و تانژانت افت نمونه شاهد از همه کمتر و در رنج 0/1 تا 0/3 بود. هرچه درصد صمغ بیشتر شد، نمونه‌ها تانژانت افت کمتری را نشان دادند پس نمونه‌های دارای صمغ کمتر و توفوی بیشتر تانژانت افت بالاتر و نمونه‌ها گرایش به رفتار شبه‌مایع داشتند که این ممکن است به دلیل آب بالای موجود در پنیر توفو باشد (رنگ‌ریز و همکاران، 1393). اما نمونه شاهد از همه رفتار ویسکوالاستیک جامد بیشتری داشت و افزایش غلظت صمغ اصولا قدرت ساختار را زیاد کرده و موجب سخت شدن ساختار می‌شود این سخت شدن ناشی از افزایش قدرت پیوندهای موجود بین واحدهای ساختار می‌باشد. بنابراین با افزایش غلظت صمغ اصولا قدرت ساختار زیاد شده ولی نوع ساختار از ژل به حالت ژل‌مانند تغییر می‌کند (عالم‌زاده و همکاران، 1389).



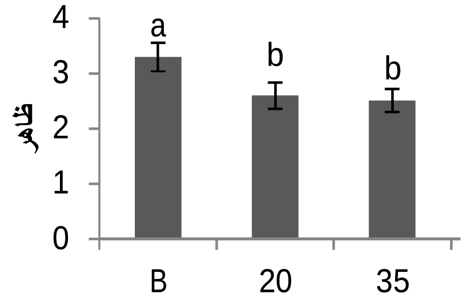
شکل 13- نمودار نوسانی بر حسب tan δ به فرکانس برای نمونه‌های سس مایونز دارای 2/5، 3 و 3/5 درصد صمغ و درصد توفو 35 و نمونه شاهد (G’: مدول الاستیک، G”: مدول ویسکوز)

جدول 5- G‘ مدول ذخیره ، G'' مدول افت و G* مدول کمپلکس نمونه‌های سس مایونز

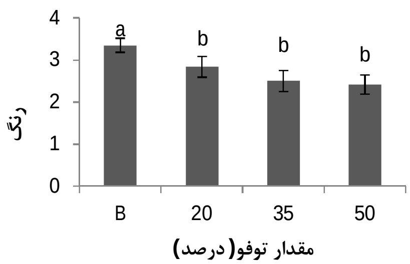
تیمار	G’ (Pa)	G'' (Pa)	G* (Pa)	G’ (Pa)	G” (Pa)	G* (Pa)
2/5-50	194	69	205	264	92/3	262
3-50	346	118	365	437	154	463
3/5-50	511	168	537	633	209	666
2/5-35	404	125	422	469	151	492
3-35	504	165	530	588	191	618
3/5-35	673	196	700	848	250	884
2/5-20	659	144	674	834	192	855
3-20	772	169	790	950	214	973
3/5-20	828	192	849	1040	241	1067
B	617	143	633	727	142	740

ارزیابی حسی نمونه‌های سس مایونز

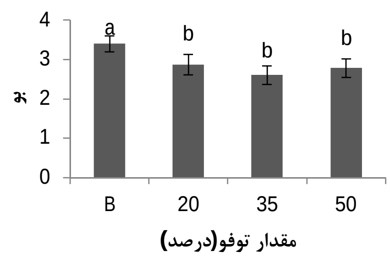
نتایج حاصل از آنالیز آماری نمونه‌ها نشان داد اثر اصلی توفو بر ویژگی‌های حسی (مثل ظاهر، رنگ، بو، طعم و مزه، بافت و پذیرش کلی) معنی‌دار ($p<0/05$) و اثر اصلی صمغ و اثر متقابل صمغ و توفو بر آن معنی‌دار نبود ($p>0/05$). با افزایش توفو ویژگی‌های حسی کاهش پیدا کرد.



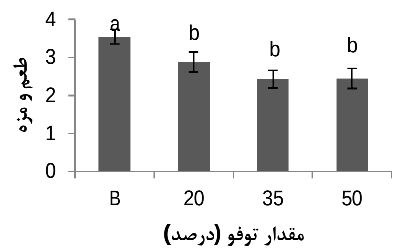
شکل **14**- اثر توفو در ظاهر در سس مایونز



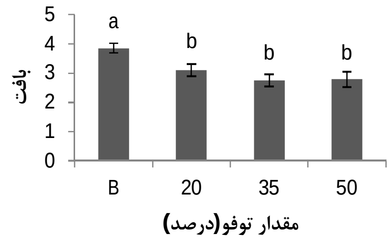
شکل **15**- اثر توفو در رنگ در سس مایونز



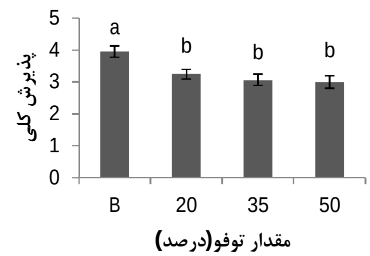
شکل **16**- اثر توفو در بو در سس مایونز



شکل **17**- اثر توفو در طعم و مزه در سس مایونز



شکل 18- اثر توفو در بافت در سس مایونز



شکل 19- اثر توفو در پذیرش کلی در مایونز

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش می‌توان گفت افزودن صمغ فارسی در سس مایونز بر محتوای چربی، اسیدیته و pH تاثیری ندارد و همچنین افزودن پنیر توفو در مقدار کم تغییرات محسوسی ایجاد نمی‌کند رفتار سس مایونز، سودوپلاستیک وغیرنیوتونی بود و با در نظر گرفتن نتایج آزمون‌های مختلف فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، بافت سنجی، پارتیکل‌سایز و حسی نمونه‌های سس مایونز در این پژوهش نمونه‌های با 20 درصد توفو و 3/5 درصد صمغ فارسی به‌عنوان نمونه برتر شناخته شد که خواص آن به سس مایونز پرچرب نزدیک‌تر بود و می‌توان آن را تحت عنوان مایونز با چربی کاهش‌یافته معرفی کرد. همچنین افزودن پنیر توفو با توجه به خواص سرشار و کالری بسیار پایین برای سلامتی بسیار مفید است.

افزودن صمغ فارسی در فرمولاسیون سس مایونز مناسب بوده و در صورتی که خلوص آن بالا باشد کیفیت سس بهتر خواهد شد همچنین خواص دارویی بسیار زیاد صمغ فارسی همراه با پنیر توفو در سس مایونز آن را به منبع غنی و بسیار مناسب تبدیل می‌کند.

منابع

اسپرن، و،، قنبرزاده، ب. و حسینی، س. ا. ،1390، مطالعه اثر هیدروکلوئید کاراگینان و منعقدکننده‌های گلوکونودلتالاکتون و کلرید کلسیم بر ویژگی های رئولوژیکی، فیزیکی و حسی پنیر سویا (تافو)، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، شماره 1، صفحات 90-81.

اصلان زاده، م،، میزانی، م،، گرامی، ع. و علیمی، م.،1391، بررسی عملکرد فیبر رژیمی تولیدی از سبوس گندم به‌عنوان جایگزین چربی در سس مایونز، مجله‌تکنولوژی غذا و تغذیه، جلد 11، شماره 1.

امید بخش، ا،، نایب زاده، ک،، محمدی فر، م. ا. و امیری، ز. ،1392، بررسی اثر توام نشاسته اصلاح شده و صمغ زانتان بر ویژگی‌های پایداری، حسی و رئولوژیکی سس گوجه فرنگی، مجله علوم و تغذیه صنایع غذایی ایران، صفحات 299-300.

برزگری، م،، رفتنی امیری، ز،، محمدزاده میلانی، ج. و معتمدزادگان، ع. ،1392، بررسی تاثیر جایگزینی کربوکسی متیل سلولز با صمغ فارسی بر خواص کیفی سس مایونز، نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، جلد 2، شماره 4، صفحات 392-381.

رحمتی، ن. ف.، مظاهری تهرانی، م. و دانشور، ک.،1392، بررسی تاثیر جایگزینی تخم مرغ با شیر سویا بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی سس مایونز، نشریه پژوهش های صنایع غذایی، جلد 23 شماره 2.

رحیمی، س. و عباسی، س. ،1392، تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ژ ل شوندگی صمغ فارسی، فصلنامه علوم و فناوری های نوین غذایی، شماره 4، صفحه 27-13.

رنگ ریز، ا.، مرتضوی، س ع.، خمیری، م. و امیری عقدایی، س. س.،1393، ویژگی های فیزیکوشیمیایی، بافتی، حسی و رئولوژیکی سس مایونز کم‌کالری بر پایه لبنیات، نشریه پژوهشهای علوم وصنایع غذایی ایران، جلد 12 ، شماره 1، صفحات 34-48.

عالمزاده، ط.، محمدی فر، م. ا.، عزیزی، م. ح. و قناتی، ک. ،1389، تاثیر دو گونه صمغ کتیرای ایرانی(اصفهان و اسفراین) بر ویژگی های رئولوژیک سس مایونز، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، 7 :141-127.

عباسی، س. و رحیمی، س. ،1387، معرفی یک نوع صمغ گیاهی بومی ناشناخته : صمغ زدو، نشریه آرد و غذا ، سال4، شماره 13، صفحات 46-50.

فاطمی، ح.،1395 ، شیمی مواد غذایی، شرکت سهامی انتشار، صفحات 50-55 .

قنبرزاده، ب. ، 1388، مبانی رئولوژی مواد و بیوپلیمرهای غذایی ، انتشارات دانشگاه تهران.

مصباحی، غ.، عباسی، ا.، جمالیان، ج. و فرحناکی، ع. ،1388، افزودن پوست و دانه گوجه فرنگی به سس کچاپ به منظور بهبود ارزش غذایی و خصوصیات رئولوژیک آن ، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 13: 82-69.

معینی فیض آبادی، ا.، کاراژیان، ح. و مهدیان، ا. ،1391، ویژگی های رئولوژیکی و بافتی سس مایونز حاوی صمغ دانه شاهی، مجلّه ی نوآوری در علوم و فنّاوری غذایی، شماره ی سوم.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران،1393، مایونز و سس های سالاد-ویژگی ها و روشهای آزمون، استاندارد شماره 2454 .

میرغفوری، س. و رحیمی، س.،1395، ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی، امولسیونی و رئولوژیکی سس مایونز حاوی شیر سویا و ژل آلوئه ورا، فصلنامه فناوری های نوین غذایی، شماره11.

نیک نیا، س.، رضوی، م. ع.، کوچکی، آ.، نایب‌زاده، ک. ،1390، تأثیر کاربرد صمغ دانه ریحان و دانه مرو بر ویژگی‌های حسی و پایداری سس مایونز، مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری مواد غذایی، جلد دوم شماره دوم، 61-79.

یوسفی، ف.، عباسی، س. و عزت پناه ،ح.،1390، تأثیر میزان صمغ فارسی، روغن، پروتئین و پ هاش بر پایداری امولسیون تهیه شده با فراصوت، نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی ، جلد 1، شماره 3، صفحات 199- 218.

Barbosa, L., Canovas, G.V, 1995, Rheological characterization of mayonnaise, Part I: Slippage at different oil and xanthan gum concentrations, *Food Engineering*, 25:397-408.

Derbyshire, E., Wright, D., Boulter, D, 1976, Legumin and vicilin, storage proteins of legume seeds, *Phytochemistry*, 15: 3-24.

Liu, H., Xu, X.M., Guo, S.H.D., 2007, Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics, *Food Science Biotechnology*, 6: 946-654.

Min, S., Marin, S.T, 2005, Effect of Soybean Varieties and Growing Locations on the Physical and Chemical Properties of Soymilk and Tofu Food Chemistry and Toxicology, Vol. 70, Nr, 1

Moelants, K.R, Cardinaels, R., Jolite, R.P., Verrijssen, T.A., Buggenhout, S., Van, Loey, A.M., Moldenaers, P., Hendrickx, M.E, 2013, Relation between particle properties and rheological characteristics of carrot-derived suspensions. *Food and Bioprocess Technology*, 6:1127-1143.

Nikzade, V., Mazaheri, Tehrani, M., Saadatmand-Tarzgan, M.,2012, Optimization of low-cholesterol-low-fat mayonnaise formulation: Effect of using soy milk and some stabilizer by a mixture design approach, *Journal of Elsevier*, 28:344-352.

Raymundoa, A., Francob, J. M., Empisc, J., Sousad, I., 2002, Optimization of the composition of cow-fat oil-in-water emulsions stabilized by white lupin protein, *Journal of the American Oil Chemists, Society*, 79(8): 283-290.

Sciarini, L.S., Maldonado, F., Ribotta, P.D., Perez, G.T., and Leon, A.E., 2009,Chemical composition and functional properties of *Gleditsia triacanthos* gum, *Food Hydrocolloids*, 23, 306-313.

Wendin, K., Aabyl, K., Edris, A., Ellekjaerl, M.R., Albin, R., Bergenstahl, B., Johansson, L.,WiIlers, E.P., Solheim, I. R .,1997, Low-fat mayonnaise: influences of fat content, aroma compounds and thickeners, Food Hydrocolloids, Oxford University Press, Vol, 11 no, 1 pp, 87-99.

Ven, C .V., Courvoisier, C., 2007, High pressure versus heat treatments for pasteurization and sterilization of model emulsions, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8: 232-236.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 1, Apr. May. 2020, p. 1- 15

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 1، فروردین -اردیبهشت 1399 ص. 15-1

Effect of oil replacement with tofu and Persian gum on physicochemical, textural and rheological properties of Mayonnaise sauce

M. Mohammad Khani[1], M. Fazel[2*]

Received: 2019.02.20
Accepted: 2019.05.15

Introduction: Increasing society's desire to consume healthy and low-calorie foods has led to the production of low-fat and healthy foods. In this study, the effect of oil replacement with tofu cheese and Persian gum on physicochemical, textural, rheological and sensory properties of Mayonnaise sauce as well as its particle size, were investigated. Tofu was replaced with fat at three concentration levels of 20, 35 and 50% and Persian gum was added to the sauce at three concentrations of 2.5, 3, and 3.5%. The control sample contained 60% fat and guzanthan gum. With increasing tofu, pH and acidity increased and with increasing Persian gum acidity decreased. With increasing tofu, histological test (hardness, adhesiveness, adhesive force, work done to hardness, apparent modulus) decreased and with increasing Persian gum, their increased. With increasing tofu, decreased particle size. With increasing gum until 3%, average of particle size decreased and with more increase of gum, average of particle size increased. The rheological behavior of all samples at a shear rate of 0.01 to 1000 (on second) showed that the viscosity decreased with increasing tofu decreased and with increasing gum, increased. In all samples, with increasing shear rate, the viscosity was decreased, and the behavior of the samples was pseudoplastic and the parameters followed the power law model. Sample with 20% tofu cheese and 3.5% Persian gum as top samples, whose properties are closer to fatty mayonnaise and can be called Mayonnaise with reduced fat.

Materials and methods: Physical and thermal stability tests of the emulsion were performed with a centrifuge machine. PH test was performed using pH meter and acidity test in terms of acetic acid percentages. The fat percentage was performed with a Soxhlet. The texture properties were performed by back extrusion test and the parameters of hardness, adhesiveness, adhesiveness force, apparent modulus and force required to squeeze were calculated. The particle size was measured using a dynamic light dispersion apparatus, and the average particle size, mod, and D_{50} of the emulsion particles of oil were investigated. The rheological behavior was performed by the rheometer and sensory evaluation was conducted by the hedonic method. Statistical analysis was performed by using SPSS software and the mean comparison test at 5% probability level and in the form of factorial test.

Results & Discussion: In the physical and thermal stability test of the emulsion, no two phases were observed in the samples. This could be due to the strong structure of the emulsion and the high viscosity of the continuous phase. By increasing the tofu value, the pH increased, which can be attributed to the decrease in the concentration of hydrogen ion or the increase of the aqueous phase. With increasing amount of gum, there is no change in pH, because the Persian gum has a neutral nature. Increasing the amount of gum did not affect acidity. As the tofu increased, acidity increased, and this increase was very slight, which can be attributed to buffering mode of tofu due to high amounts of high amino acids. By increasing the tofu percentage, the percentage of fat decreases because the percentage of fat in tofu cheese is law and its protein content is much. The increase in gum did not affect the amount of fat, because Persian gum structure was made up of saccharides. The tofu increase up to 35% reduced the texture properties, because the aqueous phase increased, with increasing gum percentage, texture properties increased because it produced a strong gel structure.

With the increase in tofu content, the particle size of the oil decreased, because with increasing the amount of fat, the particle size increased. By adding gum the particle size decreased to 3% and then increased, because in the Persian gum structure, there are insoluble branches and the solubility of these branches is low. In the evaluation of rheological behavior, flow behavior test was investigated; viscosity of all samples was reported at shear rates of 0.1, 1, 10, 100/ sec. In all samples, the viscosity decreases with increasing frequency. By increasing the gum at a constant shear rate, the viscosity increased, which can be explained by the fact that the formation of a stronger structure in the presence of higher concentrations of gum. By increasing the shear rate at a constant concentration of gum, the viscosity decreased, and the increase in gum with increasing shear rate also reduced the viscosity and sauce had profit and plastic behavior that could be due to the opening of the bonds. As the tofu percentage increased in all shear rates, viscosity decreased

1 and 2. MSc student and Assistant professor, Food science and technology department, Islamic Azad University Isfahan (Khorasgan) Branch Faculty of Agriculture.
(*- Corresponding Author Email: mfazeln@yahoo.com)

and by increasing the tofu value at a constant shear rate, the viscosity decreased, and the increasing tofu with increasing shear rate reduced viscosity due to high moisture content of the cheese. The rheological parameters of mayonnaise sauce were checked in accordance with the power law. As the gum increased, the consistency coefficient increased , because the number of molecules with high molecular weight in the liquid phase increased, with increasing the percentage of tofu cheese, the coefficient of consistency decreased. The flow behavior coefficient does not have a clear trend, and since it is less than 1, the samples are non-Newtonian. In the strain scan test in lower strains, mayonnaise always has linear viscoelastic behavior. By increasing the gum concentration, both the elastic and viscous components are transported to higher values, which can be due to more interaction between the Persian gum and the components of the emulsion. In the sensory evaluation of the samples, the addition of gum and tofu percentage was not effective.

With regarding the data of the tests, mayonnaise sample was identified with the replacement of 20% tofu cheese and 3.5% Persian gum as a superior sample, which its properties are closer to fatty mayonnaise and can be classified as Mayonnaise with law Fat. An extensive medicinal property of Persian gum with tofu cheese in mayonnaise sauce makes it a rich and very good source.

Key Words: Low-fat mayonnaise sauce, Tofu cheese, Persian gum, Elastic modulus, Viscose modulus